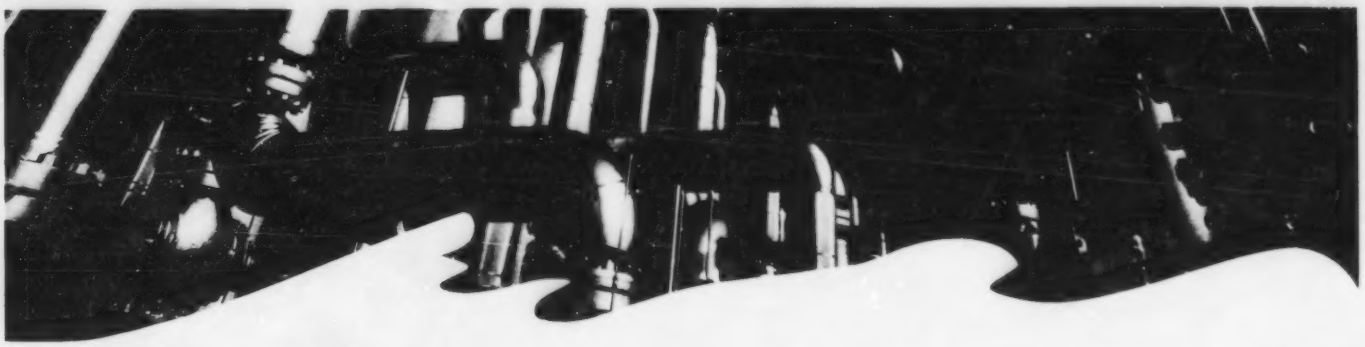


St. Lawrence TECHNOLOGIES

ABSTRACT

The firm Biogenie S.R.D.C. Inc. has developed and demonstrated a technology which uses a biotrickling filter for the biological treatment of gas emissions.

A pilot unit with a treatment capacity of 2100–6500 m^3 of off-gas per hour was installed at an industrial site in Montreal and operated for a period of more than ten weeks. The system removed over 95% of the volatile organic compounds (VOCs) contained in the gas emissions. The pilot unit removal rate was 350 g of VOCs per cubic metre of reactor per hour (g/m^3 per hour).

The unit cost of VOC treatment using the biotrickling filter comes to $0.32 per kilogram of VOCs degraded, or $0.20 per 1000 m^3 of off-gas treated.

HAZARDOUS WASTES

BIOLOGICAL TREATMENT OF GAS EMISSIONS FROM THE FLEXOGRAPHY PRINTING PROCESS

MAIN FEATURES

- **Technology**
  - Aqueous-phase absorption of VOCs and treatment of process water using biotrickling filter
  - Compact modular design
  - Completely automated process
- **Environment**
  - Removes volatile organic compounds (alcohols, esters) without generating harmful by-products
  - Minimal process water to be discharged
- **Cost**
  - Treatment cost of $0.20 per 1000 m^3 of off-gas
  - Low energy demands

Saint-Laurent Vision 2000

Environment Canada Protection Québec Region

Environnement Canada Protection Région du Québec

Biogenie

Federal Office of Regional Development (Québec)

Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

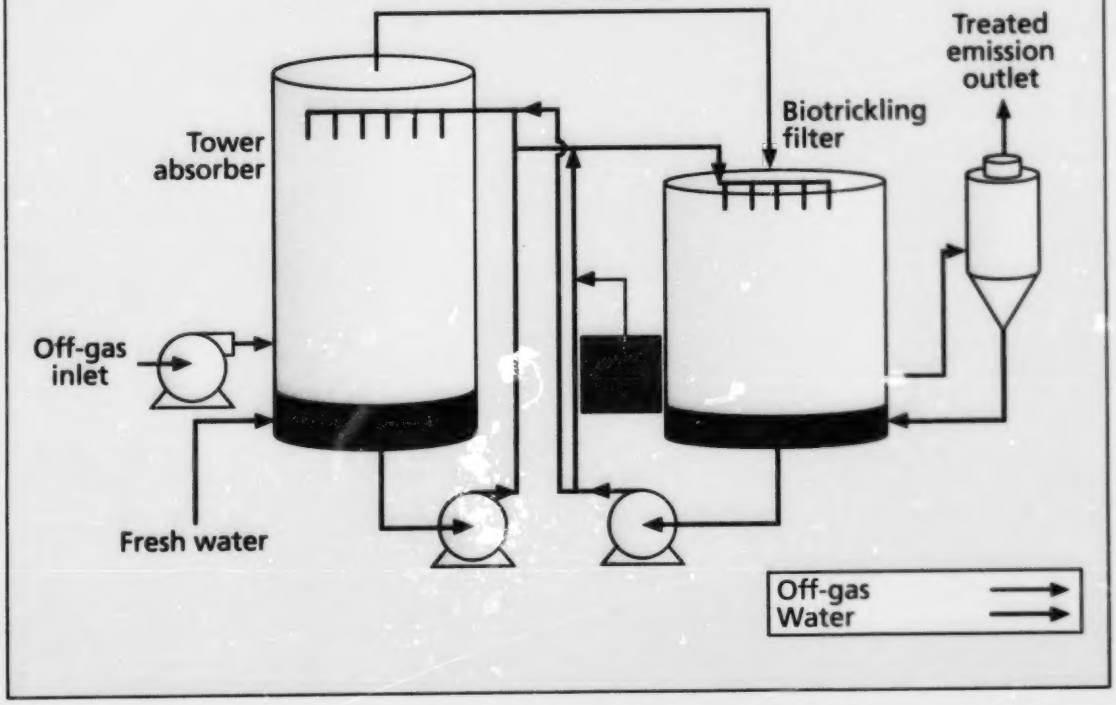
BACKGROUND

In 1993, close to 20 000 tonnes of volatile organic compounds (VOCs) were emitted to the atmosphere by Canadian printing plants using the flexography printing technique, thereby contributing significantly to global warming. Contaminants such as propanol, ethanol, isopropanol, propyl acetate and ethyl acetate are the main substances emitted by flexography. The treatment of atmospheric emissions, already a difficult task, is made more difficult by the need for compact equipment that can be adapted to the operations of a printing plant employing the flexography process.

TECHNOLOGY

Biogenie S.R.D.C. Inc. has developed a two-phase process which combines a tower absorber with a biotrickling filter. First, a stream of off-gas is channeled to the tower absorber and run countercurrent to a washing solution, to which it transfers most of its VOCs. The gas emissions circulate in parallel flow with the VOC-laden water, and are then diverted to the biotrickling filter, for final polishing, before being discharged to the atmosphere. The VOCs absorbed by the water are biodegraded by the microorganisms embedded in the filter. Process water may be recirculated to the absorber tower. All the instrumentation necessary for process optimization is in place. The process is entirely automated and requires a minimum of supervision and manual operation. The equipment may be installed out of doors, close to the plant, and the outlets on the roof are interconnected so as to feed the biotrickling filter. The unit is relatively compact (75 m^2) and capable of treating over 700 tonnes of VOCs per year. Its modular design allows great treatment flexibility in terms of emission flow rate and contaminant level.

BIOTRICKLING FILTER PROCESS



101-06804/

RESULTS

The microorganisms employed in the treatment process were isolated from the activated sludge of a biological treatment process. A chemostat continuous-feed bioreactor was used for microorganism isolation and enrichment. The microorganisms acclimated very rapidly to the nutritive solution enriched with the target VOCs. The selected microorganisms pose no risk to the environment and are non-pathogenic.

Biodegradability testing made it possible to check the VOC quantities acceptable for degradation by the microorganisms: in less than 24 hours, more than 97% of the additive compounds were accepted and degraded.

Ninety-three percent (93%) of the VOCs contained in the off-gas was removed during bench-scale testing in the laboratory. Air retention time in the system was 20 sec, with an average concentration of VOCs of 750 mg/m^3 and a removal capacity of 145 g of VOCs (m^3/h).

The pilot unit was designed for testing under real conditions and has a treatment capacity of between 2000 and 6500 m^3/h, depending on the nature of the off-gas (flow rate and VOC level). The unit was able to treat 4% of the gas emissions of the printing plant chosen as the test site. Unit performance was conclusive: more than 95% removal of VOCs in alcohol-based effluent.

These tests allowed us to optimize operating conditions and double the treatment capacity compared to the results obtained in the lab. The pilot unit has a yield of 350 g VOCs per cubic metre per hour.

A technical and economic study was done to estimate the installation costs of an industrial-sized unit, based on results obtained in the lab and at the pilot scale. The unit cost of treating off-gas was estimated at $0.32 per kilogram of VOCs removed or $0.20 per 1000 m^3 of treated emissions, for a unit with a treatment capacity of over 125 000 m^3/h of emissions containing 1000 mg/m^3 of VOCs, amortized over 15 years.

PERFORMANCE OF THE BIOTRICKLING FILTER

VOCs	Composition (%)	Removal* (kg/d)
n-Propanol	43	26.8
Ethanol	31	19.3
Isopropanol	7	3.3
Methanol	3	1.4
Propyl acetate	9	4.4
Ethyl acetate	7	2.2

*Based on the treatment of 2600 m^3/h of off-gas containing 1000 mg of VOCs/m^3.

PROJECT OBJECTIVES

The aim of the project was to design, refine and demonstrate the effectiveness of a pilot unit for the treatment of gas emissions from a printing plant using the flexography process. More specifically, the project objectives were to:

- Attain a VOC removal rate of at least 90%.
- Evaluate the installation costs of the technology.

This two-phase project was further subdivided into several steps.

Phase I included project assessment based on bench-scale testing in the laboratory by:

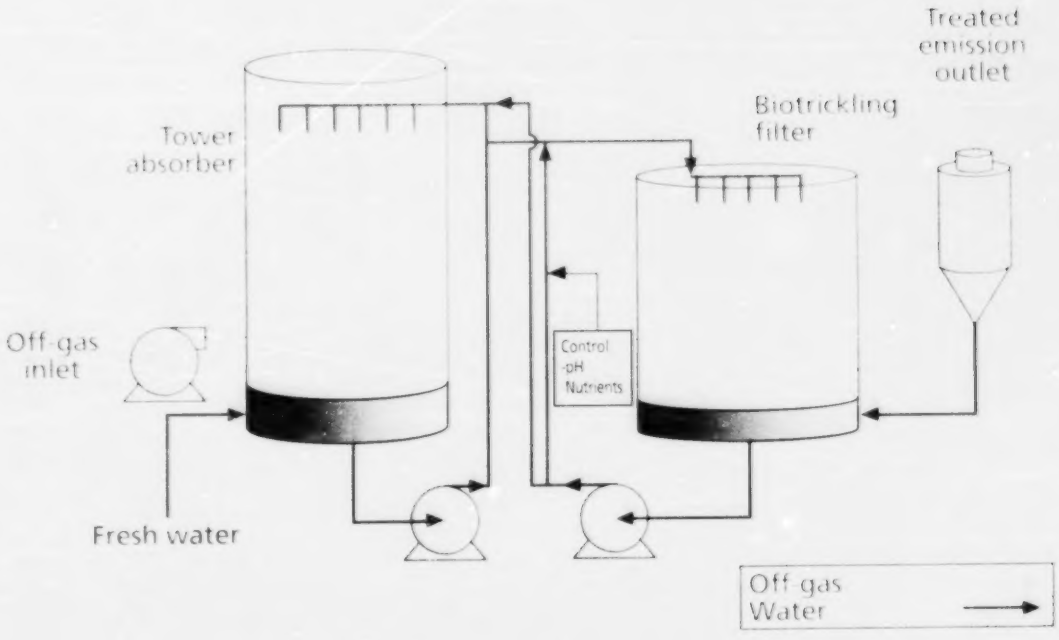
- Isolating and refining microorganisms
- Biodegradability testing
- Refining the process in the lab

Phase II consisted of pilot unit construction and technology demonstration under real conditions. This took place in four steps, as follows:

- Designing and manufacturing the pilot unit
- Refining and measuring its performance at an industrial site
- Characterizing printing-plant emissions
- Studying the technical and economic aspects of the process on an industrial scale

BACKGROUND

TECHNOLOGY



RESULTS

The microorganisms employed in the treatment process were isolated from the activated sludge of a biological treatment process. A chemostat continuous-feed bioreactor was used for microorganism isolation and enrichment. The microorganisms acclimated very rapidly to the nutritive solution enriched with the target VOCs. The selected microorganisms pose no risk to the environment and are non-pathogenic.

Biodegradability testing made it possible to check the VOC quantities acceptable for degradation by the microorganisms: in less than 24 hours, more than 97% of the additive compounds were accepted and degraded.

Ninety-three percent (93%) of the VOCs contained in the off-gas was removed during bench-scale testing in the laboratory. Air retention time in the system was 20 sec, with an average concentration of VOCs of 750 mg/m^3 and a removal capacity of 145 g of VOCs (m^3/h).

The pilot unit was designed for testing under real conditions and has a treatment capacity of between 2000 and 6500 m^3/h, depending on the nature of the off-gas (flow rate and VOC level). The unit was able to treat 4% of the gas emissions of the printing plant chosen as the test site. Unit performance was conclusive: more than 95% removal of VOCs in alcohol-based effluent.

These tests allowed us to optimize operating conditions and double the treatment capacity compared to the results obtained in the lab. The pilot unit has a yield of 350 g VOCs per cubic metre per hour.

A technical and economic study was done to estimate the installation costs of an industrial-sized unit, based on results obtained in the lab and at the pilot scale. The unit cost of treating off-gas was estimated at $0.32 per kilogram of VOCs removed or $0.20 per 1000 m^3 of treated emissions, for a unit with a treatment capacity of over 125 000 m^3/h of emissions containing 1000 mg/m^3 of VOCs, amortized over 15 years.

PERFORMANCE OF THE BIOTRICKLING FILTER

VOCs	Composition (%)	Removal* (kg/d)
n-Propanol	43	26.8
Ethanol	31	19.3
Isopropanol	7	3.3
Methanol	3	1.4
Propyl acetate	9	4.4
Ethyl acetate	7	2.2

*Based on the treatment of 2600 m^3/h of off-gas containing 1000 mg of VOCs/m^3.

POTENTIAL AND LIMITATIONS

INFORMATION

St. Lawrence TECHNOLOGIES

St. Lawrence Technologies data sheets are intended for all companies, industries, organizations and individuals interested in new environmental technologies. They are produced by the Eco-Technology Innovation Section, Environment Canada, as part of St. Lawrence Vision 2000. They serve to disseminate the results of technology development and demonstration projects conducted in the following five sectors: industrial wastewater; contaminated soil; hazardous wastes; contaminated sediment and innovative tool.

Data sheets may be obtained from:

Environment Canada
Eco-Technology Innovation Section
105 McGill Street, 4th Floor
Montreal, Quebec H2Y 2E7
Tel: (514) 496-6851
1-800-463-4311

Publications are available on The Green Lane:
http://www.qc.doe.ca

Production:
Suzie Thibodeau

Writers:
Jean Lapointe
Jean-François Bourassa

Layout:
Suzie Thibodeau

Editor:
Patricia Potvin

Printed at:
J. B. Deschamps Inc.

Published by authority of the Minister of the Environment
© Minister of Public Works and Government Services Canada, 1998
Cat. No.: En 1-17 / 36-1998E
ISSN: 1188-8903
ISBN: 0-662-26561-0

March 1998

Cette fiche est également disponible en français sous le titre:
Traitement biologique des effluents gazeux d'une entreprise de flexographie

Canada

POTENTIAL AND LIMITATIONS

Potential

This treatment process holds its own against other existing technologies, such as activated-carbon adsorption, thermal oxidation, regenerative catalytic oxidation and incineration. What's more, it needs no supplemental fuel source.

The biotrickling filter may be applicable to the treatment of other types of gas emissions, such as those of the paint, wood veneering and plastics industries.

Limitations

The performance of the biotrickling filter may be diminished in the presence of water-insoluble or extremely volatile VOCs. The process may need to be adapted in such cases.

The biotrickling filter technology may not perform optimally where the VOC concentration in off-gas is higher than 6000 mg/m^3.

INFORMATION

This technology data sheet is based on the results of a technology development and demonstration project carried out jointly by Biogenie S.R.D.C. Inc. and the Flexographic Committee, with the technical and financial assistance of Environment Canada and the Federal Office of Regional Development – Quebec.

For additional information, contact:

Environment Canada
Eco-Technology Innovation

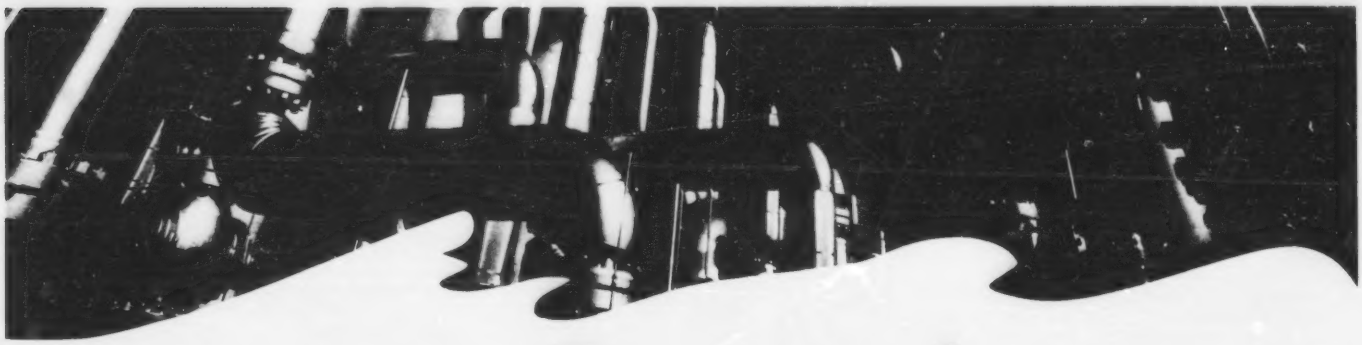
Jean Lapointe, Chem.
Ronald Zaloum, P. Eng, Ph.D.
Tel: (514) 496-6851
E-mail:
ronald.zaloum@ec.gc.ca

Flexographic Committee

Phil Cataldo
Tel: (514) 499-0500
E-mail.
acipque@cam.org

Biogenie S.R.D.C. Inc.

Marie-Claude Drouin, P. Eng., M.Sc.A.
Denis Morissette, P. Eng.
Marketing Director
Tel: (418) 653-4422
E-mail:
drouinmc@biogenie.org



TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

RÉSUMÉ

La firme Biogénie S.R.D.C. inc. a développé et démontré un procédé de traitement biologique d'épuration d'effluents gazeux basé sur la technologie du lit à ruissellement.

Une unité pilote, pouvant traiter de 2100 à 6500 m^3 d'effluents gazeux/h, a été installée et opérée sur un site industriel à Montréal pendant plus de 10 semaines. Le système a permis d'éliminer plus de 95 % des composés organiques volatils (COV) présents dans l'effluent. Le taux d'élimination de l'unité pilote a été de 350 g de COV par mètre cube de réacteur par heure ($g/(m^3\text{-}h)$).

Le coût unitaire de traitement des COV par lit à ruissellement revient à 0,32 $ par kilogramme de COV dégradés ou 0,20 $ par 1000 m^3 d'effluents gazeux traités.

DÉCHETS DANGEREUX

TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EFFLUENTS GAZEUX D'UNE ENTREPRISE DE FLEXOGRAPHIE

POINTS SAILLANTS

- **Technologie**
  - Absorption en phase aqueuse des COV et traitement de l'eau par lit à ruissellement
  - Conception modulaire
  - Faible espace requis
  - Procédé entièrement automatisé
- **Environnement**
  - Élimination des composés organiques volatils (alcools, esters) sans production de sous-produits dommageables
  - Rejet minimal d'eau de procédé
- **Économie**
  - Coût de traitement de 0,20 $ par 1000 m^3 d'effluents gazeux
  - Opération exigeant peu d'énergie

Saint-Laurent Vision 2000

Environnement Canada Protection Région du Québec

Environment Canada Protection Québec Region

Biogenie

Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

Federal Office of Regional Development (Québec)

PROBLÉMATIQUE

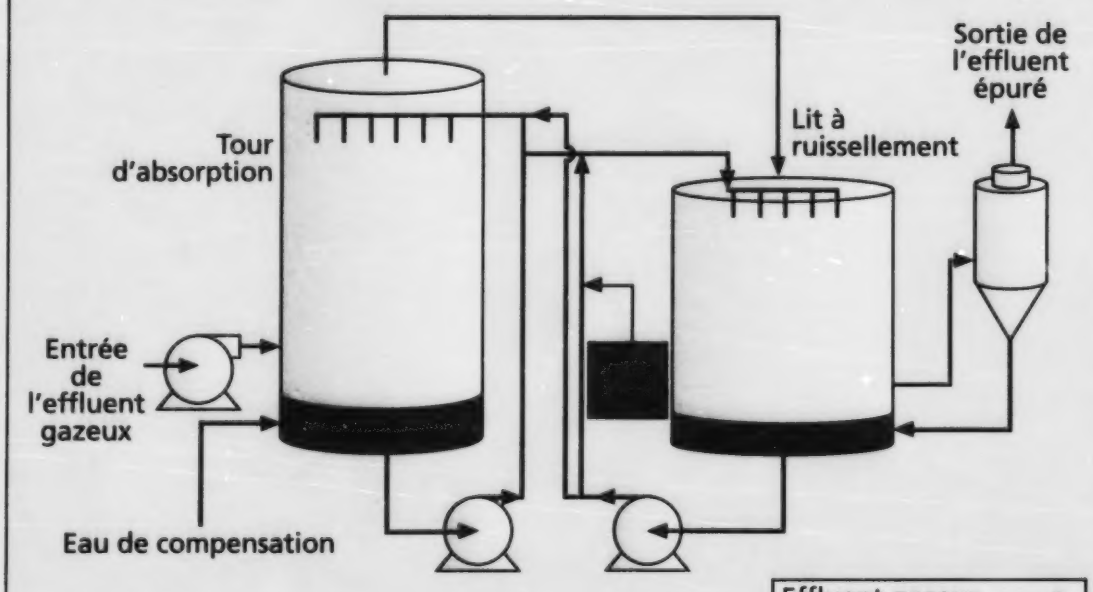
En 1993, l'industrie canadienne de l'impression sur film plastique ("flexographie") a émis dans l'air près de 20 000 tonnes de composés organiques volatils (COV), produits qui contribuent de façon significative au réchauffement de la planète. Les principaux contaminants émis par ce procédé d'impression sont le propanol, l'éthanol, l'isopropanol, l'acétate de propyle et l'acétate d'éthyle. Le traitement des émissions atmosphériques, déjà difficile au départ, l'est encore plus dans ce cas, car il exige des équipements de faible encombrement et capables de s'adapter au fonctionnement d'une imprimerie utilisant la flexographie.

TECHNOLOGIE

La technologie développée comprend une tour d'absorption suivie d'un lit à ruissellement. L'effluent gazeux est acheminé vers la tour d'absorption où il est mis en contact à contre-courant avec de l'eau qui absorbe la majorité des COV. Il est ensuite dirigé vers le lit à ruissellement où il circule à co-courant avec l'eau chargée de COV, pour un polissage final, avant rejet à l'atmosphère. Les COV absorbés par l'eau sont dégradés par les microorganismes fixés sur les garnitures du lit. L'eau traitée peut être recirculée vers la tour d'absorption. Le procédé est doté de toute l'instrumentation nécessaire à son optimisation. Il est entièrement automatisé et nécessite un minimum de supervision et d'opérations manuelles.

L'équipement peut être installé à l'extérieur, près de l'usine, et les sorties de l'effluent gazeux sur le toit sont regroupées afin d'alimenter le lit à ruissellement. L'unité est peu encombrante (75 m^2) et peut traiter plus de 700 tonnes de COV annuellement. Elle est conçue de façon modulaire afin de permettre une grande flexibilité de traitement en fonction du débit d'effluent et de sa teneur en contaminants.

PROCÉDÉ DE LIT À RUISSELLEMENT



RÉSULTATS

Les microorganismes utilisés dans ce procédé ont été isolés à partir de boues activées provenant d'un traitement biologique secondaire. L'isolement et l'enrichissement des microorganismes ont été réalisés en système à alimentation continue de type chemostat. La solution nutritive qui a servi à acclimater contenait les composés organiques volatils visés. L'acclimatation a été très rapide. Les microorganismes sélectionnés sont sans risque pour l'environnement et non pathogènes.

Les essais de biodégradabilité ont permis de vérifier les quantités de COV que la microflore pouvait accepter et dégrader. Plus de 97 % des composés ajoutés l'ont été en moins de 24 heures.

Le banc d'essai en laboratoire a permis d'éliminer 93 % des COV présents dans l'effluent gazeux. Le temps de séjour de l'air dans le système était de 20 secondes, la concentration moyenne de COV était de 750 mg/m^3 et la capacité d'élimination de 145 g COV/(m^3-h).

L'unité pilote conçue pour les essais en conditions réelles avait une capacité de traitement comprise entre 2000 et 6500 m^3/h selon la nature de l'effluent gazeux (débit et concentration de COV). Elle a permis de traiter 4 % de l'effluent gazeux émis par l'imprimerie où se sont déroulés les essais. Les performances sont concluantes : plus de 95 % d'élimination des COV d'un effluent composé d'alcools. Les essais ont permis d'optimiser les conditions d'opération et de doubler la capacité de traitement par rapport aux résultats obtenus en laboratoire. Le rendement de l'unité pilote a été de 350 g de COV/(m^3-h).

Une étude technico-économique a été réalisée afin d'estimer les coûts d'implantation d'une unité industrielle sur la base des résultats obtenus en laboratoire et à l'échelle pilote. Le coût unitaire estimé du traitement de l'effluent gazeux est de 0,32 $ par kilogramme de COV éliminé ou 0,20 $ par 1000 m^3 d'effluent traité, pour une unité de traitement pouvant traiter plus de 125 000 m^3/h d'un effluent type contenant 1000 mg/m^3 de COV, et un amortissement sur 15 ans.

PERFORMANCES DU LIT À RUISSELLEMENT

COV	Composition %	Élimination* (kg/j)
n-Propanol	43	26,8
Éthanol	31	19,3
Isopropanol	7	3,3
Méthanol	3	1,4
Acétate de propyle	9	4,4
Acétate d'éthyle	7	2,2

* Basée sur le traitement de 2600 m^3/h d'un effluent contenant 1000 mg de COV/m^3.

OBJECTIFS DU PROJET

Le projet avait pour objectifs de concevoir, mettre au point et démontrer l'efficacité d'une unité pilote de traitement des effluents gazeux d'une imprimerie utilisant la flexographie. Il visait plus spécifiquement à :

- atteindre un taux d'élimination des composés volatils d'au moins 90 %.
- évaluer les coûts d'implantation de la technologie.

Le projet s'est déroulé en deux phases subdivisées en plusieurs étapes.

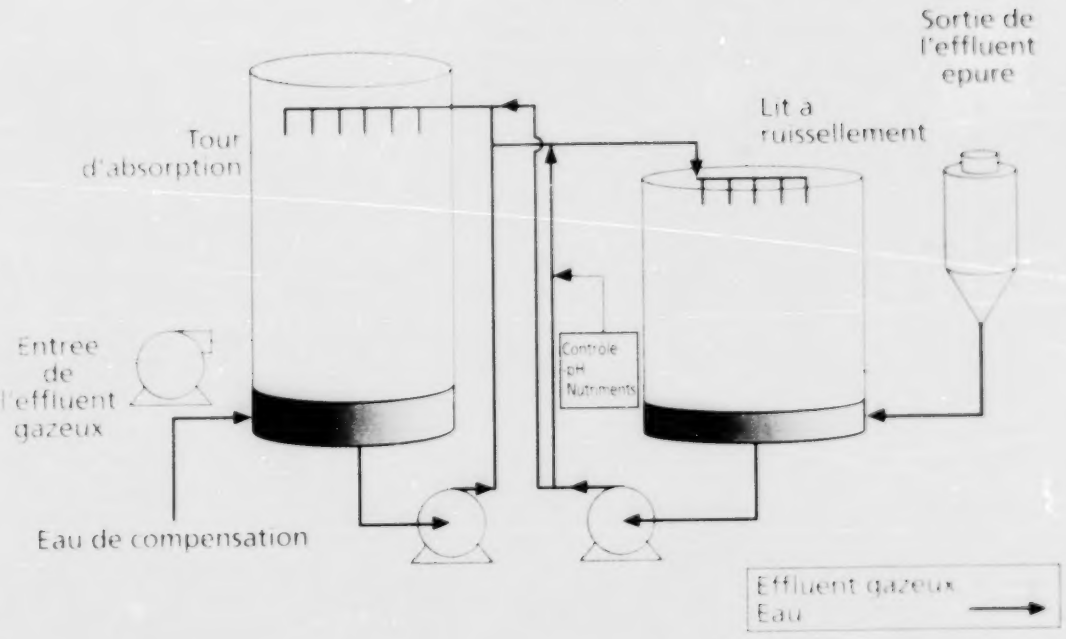
La phase I consistait à évaluer le procédé sur banc d'essai en laboratoire par :

- L'isolement et la mise au point de la microflore
- Des essais de biodégradabilité
- La mise au point du procédé en laboratoire

La phase II consistait à fabriquer une unité pilote et à faire la démonstration de la technologie en conditions réelles. Elle s'est déroulée en quatre étapes, soit :

- Ingénierie de conception et fabrication de l'unité pilote
- Mise au point et mesure de la performance sur un site industriel
- Caractérisation des effluents de l'imprimerie
- Étude technico-économique du procédé à l'échelle industrielle

PROBLÉMATIQUE TECHNOLOGIE



RÉSULTATS

Les microorganismes utilisés dans ce procédé ont été isolés à partir de boues activées provenant d'un traitement biologique secondaire. L'isolement et l'enrichissement des microorganismes ont été réalisés en système à alimentation continue de type chemostat. La solution nutritive qui a servi à acclimater contenait les composés organiques volatils visés. L'acclimatation a été très rapide. Les microorganismes sélectionnés sont sans risque pour l'environnement et non pathogènes.

Les essais de biodégradabilité ont permis de vérifier les quantités de COV que la microflore pouvait accepter et dégrader. Plus de 97 % des composés ajoutés l'ont été en moins de 24 heures.

Le banc d'essai en laboratoire a permis d'éliminer 93 % des COV présents dans l'effluent gazeux. Le temps de séjour de l'air dans le système était de 20 secondes, la concentration moyenne de COV était de 750 mg/m^3 et la capacité d'élimination de 145 g COV/(m^3-h).

L'unité pilote conçue pour les essais en conditions réelles avait une capacité de traitement comprise entre 2000 et 6500 m^3/h selon la nature de l'effluent gazeux (débit et concentration de COV). Elle a permis de traiter 4 % de l'effluent gazeux émis par l'imprimerie où se sont déroulés les essais. Les performances sont concluantes : plus de 95 % d'élimination des COV d'un effluent composé d'alcools. Les essais ont permis d'optimiser les conditions d'opération et de doubler la capacité de traitement par rapport aux résultats obtenus en laboratoire. Le rendement de l'unité pilote a été de 350 g de COV/(m^3-h).

Une étude technico-économique a été réalisée afin d'estimer les coûts d'implantation d'une unité industrielle sur la base des résultats obtenus en laboratoire et à l'échelle pilote. Le coût unitaire estimé du traitement de l'effluent gazeux est de 0,32 $ par kilogramme de COV éliminé ou 0,20 $ par 1000 m^3 d'effluent traité, pour une unité de traitement pouvant traiter plus de 125 000 m^3/h d'un effluent type contenant 1000 mg/m^3 de COV, et un amortissement sur 15 ans.

PERFORMANCES DU LIT À RUISSELLEMENT

COV	Composition %	Élimination* (kg/j)
n-Propanol	43	26,8
Éthanol	31	19,3
Isopropanol	7	3,3
Méthanol	3	1,4
Acétate de propyle	9	4,4
Acétate d'éthyle	7	2,2

* Basée sur le traitement de 2600 m^3/h d'un effluent contenant 1000 mg de COV/m^3.

TECHNOLOGIES Saint-Laurent

POTENTIEL ET LIMITES

INFORMATIONS

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Éco-Innovation technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur.

Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant à :

Environnement Canada
Section Éco-Innovation technologique
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec) H2Y 2E7
Tél. : (514) 496-6851
1-800-463-4311

Publications disponibles sur La Voie Verte:
http://www.qc.doe.ca

Production :
Suzie Thibodeau

Rédaction :
Jean Lapointe
Jean-François Bourassa

Mise en page :
Suzie Thibodeau

Révision du texte:
Monique Simond

Impression :
J. B. Deschamps Inc.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1998
N° de cat. : En 1-17 / 36-1998F
ISSN : 1188-7990
ISBN : 0-662-82660-4

Mars 1998

Also available in English under the title :

Biological treatment of gas emissions from the flexography printing process

Canada

POTENTIEL ET LIMITES

Potentiel

Ce procédé se compare avantageusement aux autres technologies existantes, telles l'adsorption sur charbon activé, l'oxydation thermique, l'oxydation catalytique régénérative et l'incinération. De plus, il ne nécessite aucun combustible auxiliaire.

Le procédé d'épuration d'effluent gazeux par lit à ruissellement peut être appliqué à d'autres types d'effluents comme ceux de l'industrie de la peinture, du placage du bois et de la fabrication de produits à base de plastiques.

Limites

Les performances du lit à ruissellement peuvent être diminuées en présence de COV insolubles dans l'eau ou extrêmement volatils. L'adaptation du procédé est alors nécessaire.

La technologie du lit à ruissellement s'applique difficilement si la teneur en COV est supérieure à 6000 mg/m^3 d'effluent gazeux.

INFORMATIONS

Cette fiche a été rédigée à partir des résultats obtenus lors d'un projet de développement et de démonstration technologique réalisé conjointement par Biogénie S.R.D.C. inc. ainsi que le Conseil de la flexographie avec la collaboration technique et financière d'Environnement Canada et du Bureau fédéral de développement régional (Québec).

Pour plus d'informations, s'adresser à :

Environnement Canada
Éco-Innovation
technologique

Jean Lapointe, chim. p.
Ronald Zaloum, ing. Ph. D.
Tél. : (514) 496-6851
Courrier électronique :
ronald.zaloum@ec.gc.ca

Conseil de la flexographie

Phil Cataldo
Tél. : (514) 499-0500
Courrier électronique :
acipque@cam.org

Biogénie S.R.D.C. inc.

Marie-Claude Drouin, microbiologiste, ing. M. Sc. A.
Denis Morissette, ing.,
Directeur, Marketing
Tél. : (418) 653-4422
Courrier électronique :
drouinmc@biogenie.org